

# **REFUERZO DE**

## ***Rosmarinus tomentosus***

Marta Camino Serrano  
Alberto Jiménez Gómez  
M. O. en Restauración de Ecosistemas

## ÍNDICE

1. Introducción y antecedentes
2. Problemática y justificación del proyecto
3. Biología y ecología de *Rosmarinus tomentosus*
4. Distribución y estado de las poblaciones actuales
5. Tipo de restitución a realizar y justificación.
6. Objetivos
7. Selección de la localidad
8. Selección del material genético de partida: criterios
9. Métodos de cultivo
10. Selección del tipo de individuo a utilizar en la restitución
11. Determinación del número de genotipos y del número de individuos
12. Modelización demográfica de la operación.
13. Proceso de establecimiento
14. Plan de monitorización y seguimiento
15. Consideraciones y propuestas complementarias
16. Bibliografía

## 1. Introducción y antecedentes

*Rosmarinus tomentosus* Huber-Morath & Maire es un endemismo español que se encuentra en una pequeña franja litoral de Granada y, en menor medida, de Málaga (ambas provincias de Andalucía). *R. tomentosus* crece en acantilados marinos, a altitudes entre 0 y 400 metros sobre el nivel del mar. Algunos de estos acantilados se encuentran más hacia el interior, como es el caso en el cauce del río Guadalfeo.



Figura 1. Detalle de *Rosmarinus tomentosus*.

La información acerca de la distribución de esta especie a lo largo de la historia ha ido cambiando. Así, en los Anales del Jardín Botánico de Madrid (1981) se citan 5 poblaciones de esta especie tan sólo en la provincia de Granada, no apareciendo información sobre las poblaciones de Málaga. En el año 2000, se distinguen 4 poblaciones entre Málaga y Granada distribuidas en tres grandes zonas: la zona oeste formada por dos poblaciones costeras, la zona central y de interior con una única población y la población de la zona este (Martín y Hernández, 2000). No es hasta el año 2004 cuando se cita una quinta población, la más apartada de su localización litoral típica, en el Río Chíllar (Nerja) (Cabezudo *et al.*, 2004). Esta revisión acerca de su

distribución histórica indica que, a pesar de que recientemente se ha descubierto una nueva población, esta especie era más abundante hace 2 décadas, lo que muestra el rápido receso que han sufrido sus poblaciones.

Al igual que la información acerca de sus poblaciones, las categorías de protección también han ido variando. En el año 1987 ya estaba catalogada como Vulnerable por el Libro Rojo de las Especies Vegetales Amenazadas de España peninsular e Islas Baleares. En cuanto a su catalogación según la UICN, ésta ha cambiado pasando de estar catalogada como “En Peligro Crítico” en el año 2000 a “En Peligro” en el año 2004. Por otra parte, está catalogada como “En Peligro de Extinción” por la Junta de Andalucía.

Su distribución geográfica ha quedado reducida a menos de 5000 km<sup>2</sup> y el área de ocupación es inferior a 500 km<sup>2</sup>; sufre una fragmentación severa (no hay más de 5 localidades). Por estas razones de área de extensión, número de poblaciones, número de individuos maduros y la fragmentación se justifica su catalogación por la UICN. En la siguiente tabla aparecen las actuales categorías de protección para esta especie:

Tabla 1. Ficha roja de *Rosmarinus tomentosus* (Bañares *et al.*, 2004)

<b>Categoría UICN para España:</b>	EN B1ab(iii,iv,v)+2ab(iii,iv,v)
<b>Categoría UICN mundial:</b>	<i>Ídem</i>
<b>Figuras legales de protección:</b>	Berna (Anexo I), DH (Anexo IVb), Andalucía (E)

## **2. Problemática y justificación del proyecto**

Las plantas de *Rosmarinus tomentosus* están bien adaptadas a un nicho ecológico hostil, marcado por el carácter rupícola, exposición al sol extrema, escasas precipitaciones, fuertes vientos y ambiente salino. A pesar de esta buena adaptación al medio, ya se ha citado que está catalogada como “En Peligro” (“Endangered” EN) por la UICN, 2001. Esta catalogación se debe principalmente a la presión antrópica en su área de distribución (por ejemplo turismo, urbanizaciones, contaminación, construcción de autovías...) que está llevando a un rápido declive tanto demográfico como geográfico de sus poblaciones. Esta presión resulta especialmente importante debido a que el área de distribución de la especie se encuentra en la Costa del Sol, una de las zonas de mayor presión turística de la Península. Además, esta especie tiene serias limitaciones reproductivas, tanto asexuales (dificultad de enraizamiento de acodos) como sexuales (escasa floración, baja producción de semillas, muy baja capacidad germinativa y periodos de latencia prolongados). Como consecuencia, muy pocas plántulas se encuentran en el campo en estado silvestre. Otro riesgo importante sobre esta especie es que es propensa a la hibridación con *R. officinalis* L. El híbrido, *R. x mendizabalii* Sagredo ex Rosúa es especialmente frecuente en las poblaciones centrales e interiores del río Guadalfeo, aunque es mucho menos frecuente en las poblaciones del litoral, donde las condiciones climáticas más hostiles ponen en ventaja a *R. tomentosus* sobre *R. officinalis* y los híbridos. A todos estos agentes de perturbación se unen también los incendios recurrentes, la predación de semillas por insectos, la expansión de especies exóticas invasoras, como es el caso de *Arundo donax* y las recolecciones científicas. El valor etnobotánico de *R. tomentosus* viene dado por sus propiedades fitofarmacéuticas y por la presencia de cantidades apreciables de aceites esenciales de acción antiséptica, lo que puede acrecentar la presión por recolectas.

En conclusión, se trata de una especie protegida legalmente, pero sobre la que se han tomado pocas medidas que eviten la reducción de sus efectivos por urbanizaciones o carreteras. Además, como se ha comentado, presenta escasa regeneración natural y aislamiento genético. Por todas estas razones *R. tomentosus* merece especial atención y se considera necesario el desarrollo de un plan de restauración que permita aumentar sus poblaciones para que éstas sean estables ante los factores de riesgo descritos anteriormente.



Figura 2. Presión humana

### **3. Ecología y biología de la especie**

#### **Descripción general**

Se trata de una especie de porte arbustivo, a veces rastrero, siempreverde, olorosa, con una altura media de 25 a 80 cm. Presenta una ramificación muy abundante, con ramas principales de 15 a 45 cm, ramas secundarias más cortas y generalmente portando inflorescencias. Las hojas son cano-tomentosas, escasamente crenadas, oblongo lineares y de márgenes revolutos, de 0,3 a 1,5 cm. Su inflorescencia aparece en racimos cortos, de 0,5 a 5 cm, con número de flores variable. Sus flores son zigomorfas, hermafroditas y pentámeras. Tiene corola bilabiada, azulada. Dos estambres, a veces abortados. Ovario súpero. Fruto tetranúcula. El cáliz está cubierto de pelos tectores glandulosos y pelos articulados ramificados, unos estrellados y otros arborescentes, caracteres que lo diferencian del híbrido *R. xmendizabalii*.

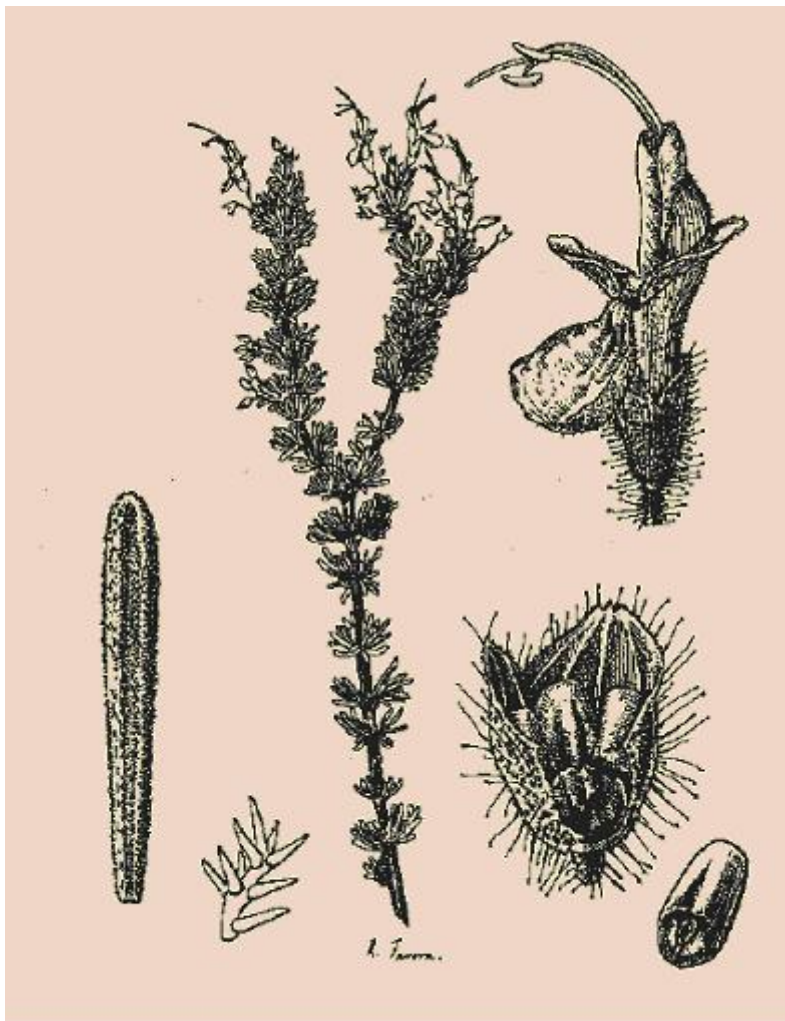


Figura 3. Caracteres morfológicos de *Rosmarinus tomentosus* (Cabezudo *et al.*, 1999)

El grupo *Rosmarinus eriocalyx-tomentosus* se distribuye en el sureste de la Península Ibérica y la franja costera del norte de África. *R. tomentosus* está muy relacionado morfológicamente con *R. eriocalyx* Jordán & Four., especie ampliamente distribuida en las regiones áridas y semiáridas del Mediterráneo y presente en la Península Ibérica (provincia de Almería). Tiene afinidades con *R. tournefortii*, taxón norteafricano. Es interesante mencionar el taxón híbrido, *R. xmendizabalii* Sagredo ex Rosúa, entre *R. tomentosus* y *R. officinalis* L.

#### Biología de *Rosmarinus tomentosus*

Es un caméfito subarborescente con vida media estimada de hasta 50 años. Sus hojas duran sobre la planta una media de 6 a 14 meses. La prefloración tiene lugar de octubre a marzo. Presenta floración, fructificación y dispersión difusa durante todo el año, siendo más abundante en otoño e invierno. La renovación vegetativa anual es en primavera. Ocasionalmente se observa multiplicación vegetativa por acodo. No se ha detectado regeneración post fuego, dato que resulta interesante puesto que su área de

distribución es de carácter mediterráneo y por tanto los fuegos recurrentes pueden suponer un riesgo a la persistencia de las poblaciones.

#### • Reproducción:

*R. tomentosus* es una especie alógama, polinizada fundamentalmente por abejas, aunque su actuación no es muy activa en las poblaciones. El número medio de granos de polen por flor es de  $8433 \pm 1568$ . No se ha observado dispersión de semillas por insectos u otros animales. El peso medio de la semilla varía entre 8 y  $12 \cdot 10^{-4}$  g. La proporción de semillas no viables, por ausencia de embrión, es elevada (tasa de germinación media de semillas el 25 %), aunque varía según las poblaciones. El porcentaje de supervivencia de plántulas en el invernadero es muy bajo, en cambio, el desarrollo hasta fase adulta de las plántulas supervivientes es alto. En las experiencias llevadas a cabo con enraizamiento de estaquillas se ha comprobado que la técnica más favorable ha sido en sustrato de perlita y sin hormonas de enraizamiento, aunque se ha observado una baja supervivencia de estaquillas enraizadas.

#### Ecología de *Rosmarinus tomentosus*

Esta especie vive en acantilados y roquedos marinos expuestos directamente a la maresía y, puntualmente, en acantilados de zonas interiores próximos a la costa, fundamentalmente sobre dolomías y mármoles, que desarrollan suelos esqueléticos. En las poblaciones costeras, el gradiente altitudinal oscila entre los 0 y 300 m y en las del interior, entre 300 y 400 m, quedando comprendidas en el piso termomediterráneo y ombroclima seco.

Fitosociológicamente presenta una posición muy variable, estando presente en comunidades rupícolas de *Asplenietea*, espinares arbustivos de *Pistacio-Rhamnetalia*, matorrales-tomillares de *Rosmarinetaea* y matorrales pulvinulares aerohalinos de *Crithmo-Limonietea*. Las especies más características de estas comunidades y que, por tanto, aparecen asociadas a *Rosmarinus tomentosus* son: *Asteriscus maritimus*, *Athamanta vayredana*, *Lavandula dentata*, *Chamaerops humilis*, *Rosmarinus officinalis* y *Maytenus senegalensis* spp. *europaeus*, entre otras. Estas dos últimas especies son de gran interés: *R. officinalis* convive con *R. tomentosus* frecuentemente en la periferia de sus poblaciones y ambas especies hibridan fácilmente y *M. senegalensis* spp. *europaeus* (Arto) resulta de interés pues está siendo objeto de un intenso programa de conservación por parte de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, lo que puede suponer una medida indirecta de conservación de *R. tomentosus* cuando conviven en el mismo área.

Tabla 2. Datos generales de la biología y ecología de *R. tomentosus*

<b>Altitud:</b>	0-400 m
<b>Hábitat:</b>	Acantilados marinos principalmente
<b>Fitosociología:</b>	<i>Rosmarinetum tomentosi</i>
<b>Biotipo:</b>	Caméfito subarbusivo



<b>Biología reproductiva:</b>	Alogamia
<b>Floración:</b>	Continua (picos otoño e invierno)
<b>Fructificación:</b>	Continua
<b>Expresión sexual:</b>	Ginomonoecia (femenina, hermafrodita)
<b>Polinización:</b>	Entomófila
<b>Dispersión:</b>	Pasiva
<b>Nº cromosomático:</b>	2n = 24
<b>Reproduccion asexual:</b>	Por acodo



Figura 3. Población de *R. tomentosus* en Cerro Gordo. (Iriondo *et al.*, 2009)



Figura 4. *R. tomentosus* en el borde de un acantilado (Blanca, G., 2000)



## Demografía

En sus poblaciones, la densidad oscila entre 0,1 y 0,2 individuos/m<sup>2</sup>, con una cobertura individual del 2 al 7%. El 75% de los individuos pertenecen a la clase de edad entre 25 y 50 años, el 10 % superiores a 50 años y el 10% a individuos juveniles entre 2 y 5 años. La baja tasa de individuos juveniles indica un escaso éxito germinativo en las poblaciones naturales.

### **4. Distribución y estado de poblaciones actuales**

Actualmente, están localizadas 5 poblaciones muy separadas entre sí, 3 litorales 2 en acantilados interiores.

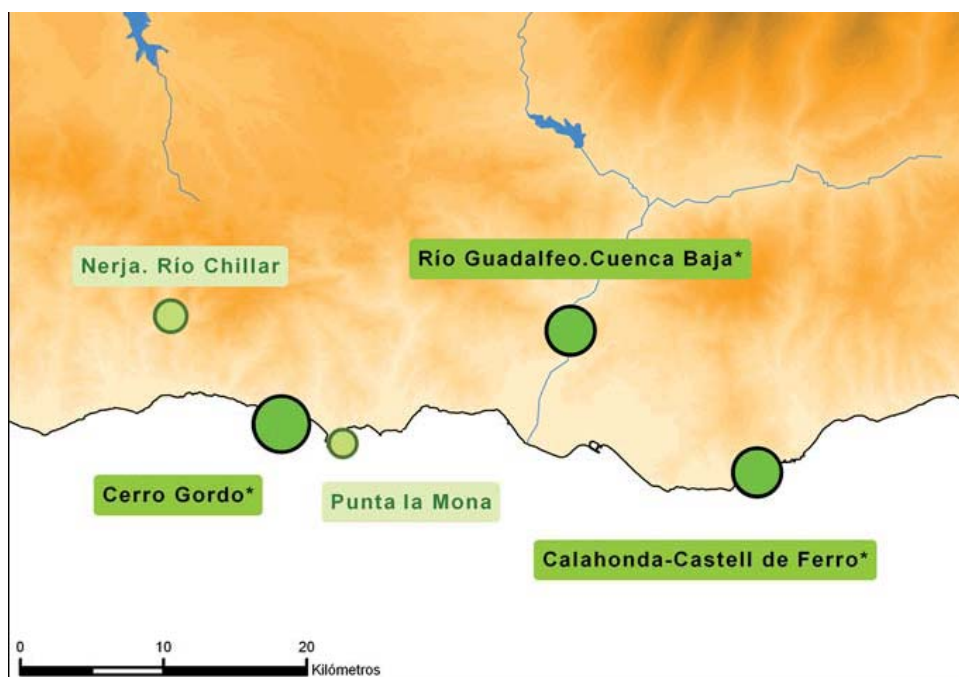


Figura 5. Distribución de las 5 poblaciones de *R. tomentosus* (Iriondo *et al.*, 2009)

Tabla 3. N° de individuos en cada población en el año 2001 (Iriondo *et al.*, 2009)

Población	Individuos (año 2001)
Guadalfeo	26.100
Castell de Ferro	13.522
Almuñécar-Cerro Gordo	12.900
Almuñécar-Punta la Mona	36
Nerja	45

- a. Poblaciones costeras de la zona oeste: son dos, Los acantilados de Cerro Gordo, donde se encuentran 12900 plantas y, por otro lado, la población de Punta La Mona, separada actualmente de la primera localización, que contaba, en el año 2001, con 36 individuos. En esta población de Punta La Mona había 250 individuos en 1993 y a causa de la urbanización su población ha sufrido un rápido declive. La población de Cerro Gordo es la única que se encuentra dentro de un espacio protegido (Paraje Natural de Acantilados de Maro y Cerro Gordo). Las principales amenazas de

estas poblaciones son la urbanización, turismo, ausencia de polinizadores y competencia vegetal.

- b. Población interior de la zona oeste: Nerja (Río Chíllar). Esta población consta de 45 individuos (año 2001). Es la más apartada de su localización típica. Aparece en la base de paredones verticales dolomíticos. En el año 2004 se contabilizaron unos 70 ejemplares mezclados con formas híbridógenas del complejo *Rosmarinus x mendizabali* (Cabezudo et al., 2004). Además de la hibridación, otras amenazas que sufre esta población son los incendios y la competencia vegetal.
- c. Población de la zona central y de interior: Río Guadalfeo. Existe una población en su cuenca baja que está compuesta por 26100 individuos que crecen en los desfiladeros del río Guadalhorce. Esta población es la que presenta mayores tasas de hibridación con *R. officinalis*. Otras amenazas importantes son la construcción de carreteras, la contaminación y la transformación del curso de agua.
- d. Población de la zona este: se corresponde con la costa entre las localidades de Calahonda- Punta Cerrón y Castell de Ferro-Punta Gorda. Esta población tiene 13522 plantas. Las principales amenazas de esta población son la ausencia de polinizadores, la presión y la construcción de carreteras.

#### Estado actual de las poblaciones

De las 5 poblaciones de *R. tomentosus* se tiene mucha más información de las 3 con mayor número de individuos (Castell de Ferro, Cerro Gordo y Guadalfeo) debido a estudios de viabilidad demográfica llevados a cabo recientemente por Iriondo *et al.*, 2009. En cambio, de las dos poblaciones menores (Punta La Mona y Río Chillar) no tenemos información adecuada acerca de su tendencia poblacional. Supondremos que la evolución de la población de Punta La Mona es similar a la de Cerro Gordo (debido a su cercanía geográfica) y que la evolución de la población del Río Chillar (Nerja) es similar al de la población de Guadalfeo debido a la similitud de hábitat (ambas se sitúan más al interior, en cauces de ríos). A continuación se detallan las estructuras poblacionales de las 3 poblaciones estudiadas.

La estructura poblacional de Castell de Ferro y Cerro Gordo resultan similares, mostrando dominancia de los individuos reproductivos más pequeños (Clase 3). La población de interior de Guadalfeo presenta una mayor proporción de individuos reproductivos de ambas clases. Generalizando para estas tres poblaciones, la supervivencia de todos los individuos es relativamente elevada, pero la mortalidad de las plántulas es considerable en todos los casos. La elevada supervivencia hace que los individuos sean extremadamente longevos, llegando a alcanzar casi 100 años de vida media en la población de Guadalfeo. Estas 3 poblaciones son muy estables, con valores de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) cercanos a 1, son poblaciones que se mantienen sólo con muy pequeñas variaciones en el número de individuos a lo largo del tiempo. Esto es posible gracias a la elevada supervivencia de los individuos, ya que, en general, el escaso reclutamiento de nuevas plantas no permite el rejuvenecimiento de la población.

## Estructura poblacional (media $\pm$ desviación estándar)

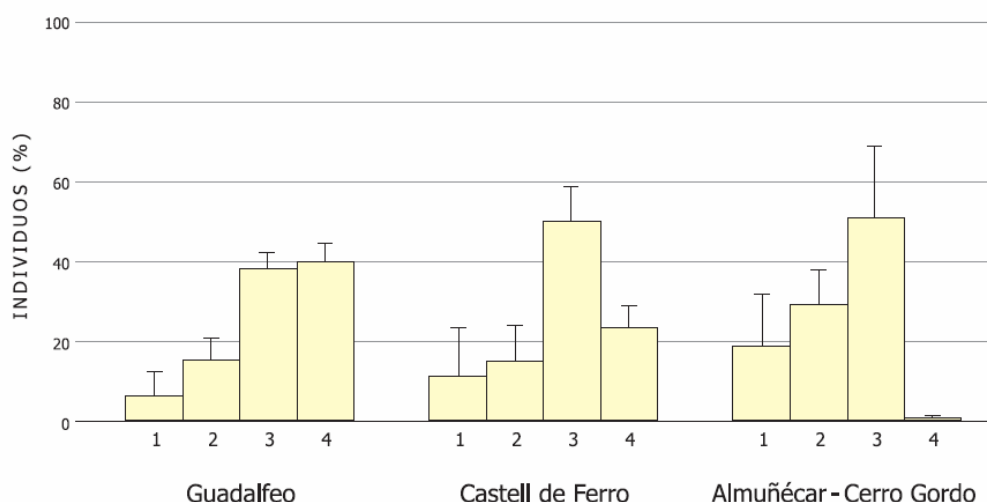


Figura 6. Estructura poblacional de las 3 poblaciones estudiadas (Iriondo *et al.*, 2009).

La población queda estructurada de la siguiente manera:

Clase 1: Plántula

Clase 2: Vegetativo

Clase 3: Reproductor 1. Altura <55 cm

Clase 4: Reproductor 2. Altura  $\geq$ 55 cm

### **5. Tipo de restitución a realizar y justificación**

En base a la información obtenida acerca del estado de conservación de la especie y, en concreto, del estado actual de sus poblaciones, se ha decidido realizar un **refuerzo de las poblaciones del Río Chíllar (Nerja) y Punta la Mona**.

La elección de este tipo de restitución la justificamos, en primer lugar, porque creemos necesario centrar esfuerzos en aquellas poblaciones que resultan significativamente inferiores a las 3 poblaciones estudiadas, las cuales, por otra parte, presentan una gran estabilidad y su riesgo de extinción es mucho menor. Aunque nos faltan datos de la estructura de las dos poblaciones objeto de nuestro refuerzo, suponemos una tendencia a la extinción de las mismas debido al escaso número de individuos con el que cuentan. Además, conociendo la presencia de hibridación en una de ellas (Río Chíllar), es de esperar que ocurra deriva genética y la población de *R. tomentosus* desaparezca. Asimismo, una de las características de esta especie es la elevada mortalidad de las plántulas por lo que pensamos que sin actuar sobre estas poblaciones, éstas no serán capaces de regenerarse por sí solas.

## 6. Objetivos

- General:

Aumentar el tamaño poblacional de las dos localidades de *R. tomentosus* con menor número de individuos para asegurar su persistencia (Punta La Mona y Río Chíllar).

- Específicos:

Conseguir 300 individuos en 10 años en la población de Punta La Mona.

Conseguir 150 individuos en 10 años en la población de Nerja (Río Chíllar)

Obtener una tendencia poblacional estable en ambas localidades.

## 5. Selección de la localidad

Al haber seleccionado el refuerzo como tipo de restitución, las localidades en las que se trabajarán son las correspondientes a las poblaciones más pequeñas, las de Punta la Mona y Río Chíllar (Nerja), señaladas en rojo en la figura 7.



Figura 7. Localidades donde se realizarán los refuerzos. Elaboración propia

## 8. Selección del material genético de partida: criterios

Para la selección del material de partida se tendrá en cuenta la similitud genética, de hábitat y la proximidad de las poblaciones. Las poblaciones de *Rosmarinus tomentosus* no presentan una estructura de metapoblación, y son significativamente diferentes a nivel genético.

Los refuerzos para cada una de las poblaciones a restituir se llevarán a cabo con material de una única población en cada caso, de este modo se ayudará a mantener la

variabilidad genética interpoblacional sin generar nuevas poblaciones con la mezcla del material genético de todas las existentes.

El refuerzo de la población de Nerja (Río Chíllar) se llevará a cabo con material genético de la población del río Guadalfeo, aunque esté más lejos que otras poblaciones, las características ambientales son similares (entornos de ribera). Esta población presenta un gran número de individuos y tras el estudio genético, se tomarán semillas de individuos que no hayan hibridado con *Rosmarinus officinalis*.

La población de Punta de la Mona será reforzada con material genético procedente de la población de Cerro Gordo. Estas poblaciones se encuentran a una distancia menor de 5 km y hasta hace poco tiempo formaban una única población, por lo que genéticamente es idónea para su restitución.

## **9. Método de cultivo**

Tras la recolección de semillas en campo (200 de la población de Guadalfeo [0,24 gramos] y 100 semillas de Cerro Gordo [0,12 gramos]) entre los meses de mayo y julio, se procederá a su cultivo en invernadero. El tratamiento previo consiste en el lavado de los aquenios con agua destilada y posterior siembra en placa de Petri en condiciones estériles para evitar la contaminación por hongos. Se incuban en cámara oscura en condiciones constantes (25 °C de temperatura y 47 % de humedad). Estudios previos obtuvieron los mayores éxitos de germinación de los aquenios con un tratamiento hormonal con ácido giberélico a concentraciones de 0,15 y 0,2 mM (datos facilitados por el Profesor J.M. Nieto Caldera, Universidad de Málaga) Los aquenios que germinen (aproximadamente el 25%) se sembrarán en bandejas de alveolos de 200 cc con un sustrato de arena-perlita (1:1). Las plantas serán endurecidas antes de la introducción para garantizar el éxito de las mismas en campo.

*Rosmarinus tomentosus* puede reproducirse vegetativamente por acodos. Este tipo de reproducción se ha descartado por la dificultad y el escaso éxito en relación al esfuerzo necesario. Por último, un método de cultivo por reproducción vegetativa introduciría clones, lo cual no enriquecería la diversidad genética que se obtiene con métodos de reproducción sexual.



Figura 9. *Rosmarinus tomentosus* en alveolos

## 10. Selección del tipo de individuo a utilizar en la restitución

El estudio que se ha desarrollado durante varios años para conocer la dinámica poblacional, ha proporcionado datos suficientes para estimar la estructura poblacional estable, la tasa finita de crecimiento, así como valores para las matrices de transición y elasticidad media.

Las matrices de transición y elasticidad han sido elaboradas estableciendo la siguiente clasificación de las clases de edad en *Rosmarinus tomentosus*:

Clase 1: Plántula

Clase 2: Vegetativo

Clase 3: Reproductor 1. Altura <55 cm

Clase 4: Reproductor 2. Altura  $\geq$ 55 cm

Como a las poblaciones en las que se van a efectuar los refuerzos no se ha realizado el estudio poblacional, se han extrapolado las matrices de transición y elasticidad de poblaciones con comportamiento similares. Esto es, para el caso de Nerja (río Chíllar) con las matrices de la población del río Guadalfeo y para Punta La Mona con las de Cerro Gordo.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0,000	0,000	0,012	0,000
Clase 2	0,012	0,279	0,000	0,000
Clase 3	0,000	0,012	0,333	0,021
Clase 4	0,000	0,000	0,021	0,311

Matriz Elasticidad Nerja

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0,000	0,000	0,032	0,001
Clase 2	0,033	0,076	0,009	0,000
Clase 3	0,000	0,041	0,789	0,010
Clase 4	0,000	0,000	0,011	0,000

Matriz elasticidad Punta la Mona

Figura 10. Matrices de Elasticidad de Nerja y Punta la Mona (*Iriondo et al.* 2009)

En base a las matrices de elasticidad media se determina que, para las poblaciones de Nerja y Punta la Mona, la fase del ciclo vital que determina el éxito de la población corresponde a la supervivencia de los individuos de Clase 3. Esto significa que, cualquier medida que se lleve a cabo para favorecer esta fase del ciclo vital, responderá de forma más significativa y efectiva que si se tomara para otras fases del ciclo. Esto ha determinado que el refuerzo se realice con individuos reproductores de esa clase de edad en ambas poblaciones. Si tenemos en cuenta la estructura de la población estable, son los individuos de la Clase 3 los que presentan una mayor abundancia con respecto a las otras clases de edad en ambas poblaciones.

## 12. Modelización demográfica de la operación

La modelización demográfica se ha llevado a cabo con el programa *Ramas Ecolab: Applied Ecology Laboratory versión 2.0*. Las matrices de transición se han extrapolado de la población de Guadalfeo para Nerja y de la población de Cerro Gordo para Punta la Mona. Para las modelizaciones se ha tenido en cuenta la estocasticidad demográfica y la ambiental. Se han introducido en el modelo 1000 réplicas y 50 años de duración.



## **Población de Nerja**

Para la modelización demográfica de la población de Nerja, se han considerado 4 escenarios posibles:

**Escenario 0**, corresponde a la evolución de la población en ausencia de actuación.

**Escenario 1**, sería la evolución con el refuerzo de 100 individuos de Clase 3.

**Escenario 2**, refuerzo de 100 individuos y eliminación de la vegetación competitiva en el momento del refuerzo.

**Escenario 3**, reuniría el refuerzo y el control de la vegetación competitiva durante los 3 primeros años después de la restitución.

Estas son las matrices de transición media consideradas para cada uno de los escenarios en la población de Nerja:

Tabla 4. Matriz de transición media de los escenarios 0 y 1.

Escenarios 0 y 1	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,037	0,142
Clase 2	0,25	0,737	0	0
Clase 3	0	0,165	0,904	0,054
Clase 4	0	0	0,077	0,946

Los escenarios 0 y 1 comparten la misma matriz, esto es porque su única diferencia radica en el número de individuos iniciales.

Tabla 5. Matriz de transición media del escenario 2.

Escenario 2	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,037	0,142
Clase 2	0,35	0,737	0	0
Clase 3	0	0,4	0,904	0,054
Clase 4	0	0	0,077	0,946

El escenario 2 incorpora la eliminación de la vegetación competitiva en el momento del refuerzo, por lo que los individuos de las Clases 1 y 2 verán favorecido su paso a una clase superior. Se refleja en la matriz con los valores señalados en rojo(\*).

Tabla 6. Matriz de transición media del escenario 3.

Escenario 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,037	0,142
Clase 2	0,45	0,737	0	0
Clase 3	0	0,4	0,904	0,054
Clase 4	0	0	0,077	0,946

El escenario 3 refleja en su matriz de transición el efecto producido por la eliminación

de la vegetación competitiva durante los primeros años de la restitución(\*).

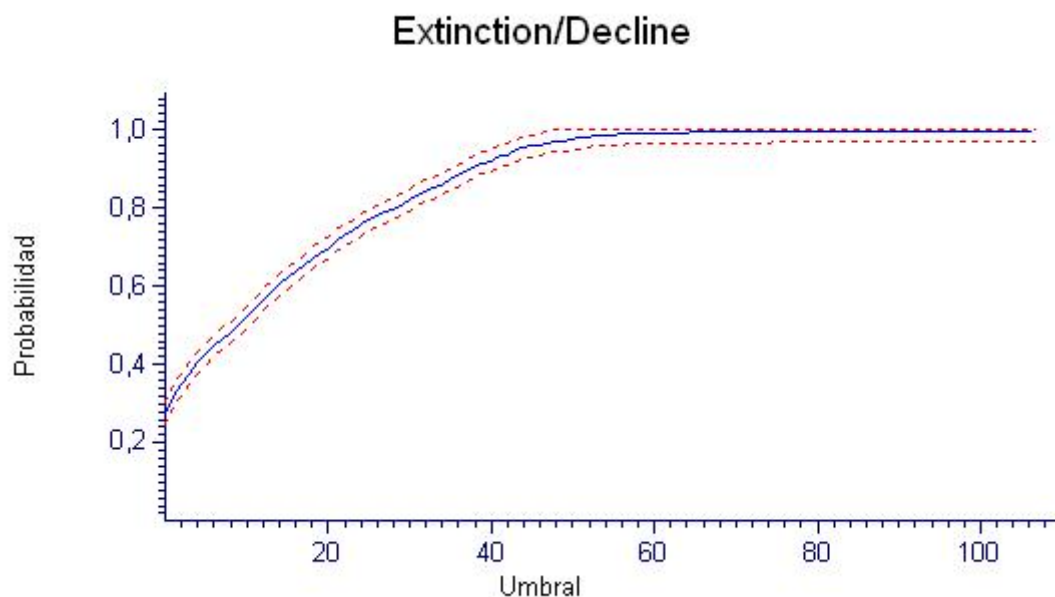
(\*) Nota: Se ha tenido en cuenta que estas matrices sólo son válidas mientras duren los desbroces, ya que estas acciones aumentan los números señalados de forma puntual en el tiempo, en cambio, el programa informático presenta una matriz estática a lo largo de toda la modelización (50 años). Por ello el aumento de los números ha sido menor del deseado, de este modo, se subestima el efecto de los desbroces durante los primeros años de la modelización para tener un resultado más realista al final de la misma.

Tabla 7. Abundancia media de la Población de Nerja

Nº individuos	Año 0	Año 5	Año 10
<b>Escenario 0</b>	45	47	47
<b>Escenario 1</b>	145	146	148
<b>Escenario 2</b>	145	160	177
<b>Escenario 3</b>	145	164	199

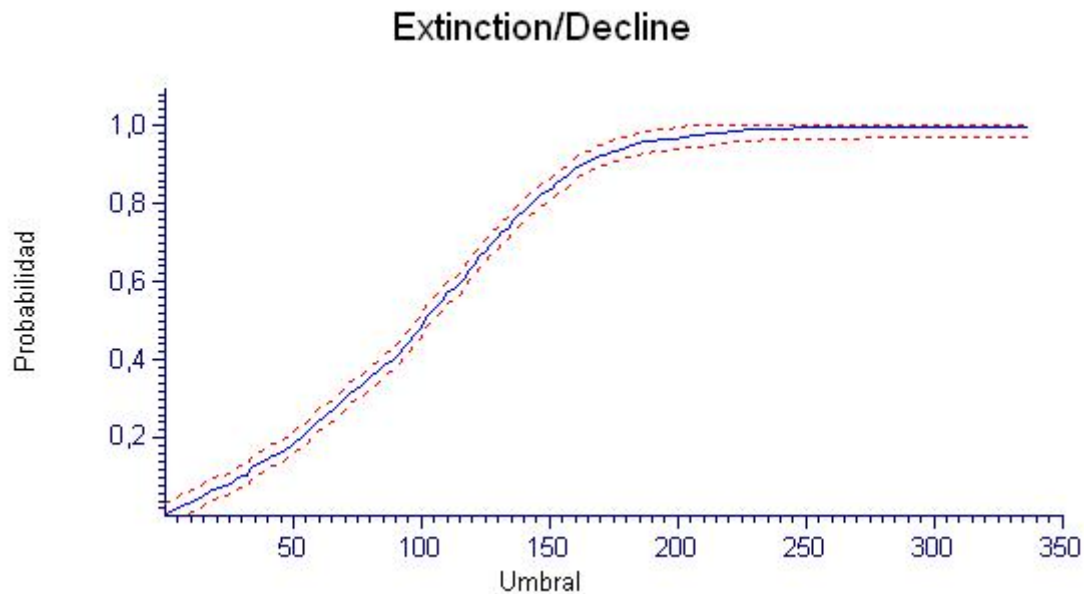
De la trayectoria de la población, se comprueba que el escenario 3 obtiene los resultados de mayor abundancia (pudiendo cumplir nuestro objetivo de 150 individuos en 10 años)

Los siguientes gráficos muestran la probabilidad de extinción de la población de Nerja a lo largo del tiempo:



Escenario 0

Figura 11. Probabilidad de extinción.



### Escenario 3

Figura 12. Probabilidad de extinción.

Tabla 8. Probabilidad de Extinción de la población de Nerja a lo largo del tiempo.

%Extinción	Año 5	Año 20	Año 100
<b>Escenario 0</b>	38,80 %	69 %	100 %
<b>Escenario 1</b>	8,8 %	23,35 %	81,8 %
<b>Escenario 2</b>	3 %	10,2 %	62,6 %
<b>Escenario 3</b>	2,2 %	7,15 %	57,5 %

p=0,05

Las menores tasas de extinción las encontramos en el escenario 3, estos resultados nos ayudan a escoger la estrategia en el refuerzo. La tasa finita de crecimiento de la población para el escenario 3 es de 1,0384. Lo que indica que la población tiene una tendencia poblacional estable.

### Población de Punta La Mona

La Modelización demográfica de la población de Punta la Mona presenta tiene en cuenta los siguientes escenarios:

**Escenario 0**, ausencia de actuación.

**Escenario 1**, refuerzo con 50 individuos de Clase 3.

**Escenario 2**, refuerzo y vallado que evite la herbivoría.

**Escenario 3**, refuerzo y colocación de un panal de abejas para favorecer la polinización.

**Escenario 4**, refuerzo, vallado y colocación de un panal de abejas.

Las siguientes tablas muestran las matrices de transición media para cada uno de los posibles escenarios para la población de Punta La Mona:

Tabla 9. Matriz de transición media para los escenarios 0 y 1.

Escenarios 0 y 1	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,479	0,567
Clase 2	0,151	0,671	0,031	0
Clase 3	0	0,147	0,946	0,75
Clase 4	0	0	0,023	0

Los escenarios 0 y 1 comparten la misma matriz, esto es porque su única diferencia radica en el número de individuos iniciales.

Tabla 10. Matriz de transición media para el escenario 2.

Escenario 2	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,479	0,567
Clase 2	0,35	0,671	0,031	0
Clase 3	0	0,35	0,946	0,75
Clase 4	0	0	0,023	0

El escenario 2 refleja en su matriz los efectos del vallado sobre la población. Se favorece el paso de los individuos de Clase 1 a Clase 2 y de Clase 2 a Clase 3.

Tabla 11. Matriz de transición media para el escenario 3.

Escenario 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,6	0,6
Clase 2	0,151	0,671	0,031	0
Clase 3	0	0,147	0,946	0,75
Clase 4	0	0	0,023	0

El escenario 3 muestra los efectos de la polinización por abejas. En este caso se favorece la formación de semillas que puedan producir plántulas (individuos de Clase 1).

Tabla 12. Matriz de transición media para el escenario 4.

Escenario 4	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Clase 1	0	0	0,6	0,6
Clase 2	0,35	0,671	0,031	0
Clase 3	0	0,35	0,946	0,75
Clase 4	0	0	0,023	0

El escenario 4 combina las actuaciones de los escenarios 2 y 3.

Tabla 13. Abundancia media de la población de Punta La Mona según escenario.

Nº individuos	Año 0	Año 5	Año 10
Escenario 0	36	39	40
Escenario 1	86	116	123

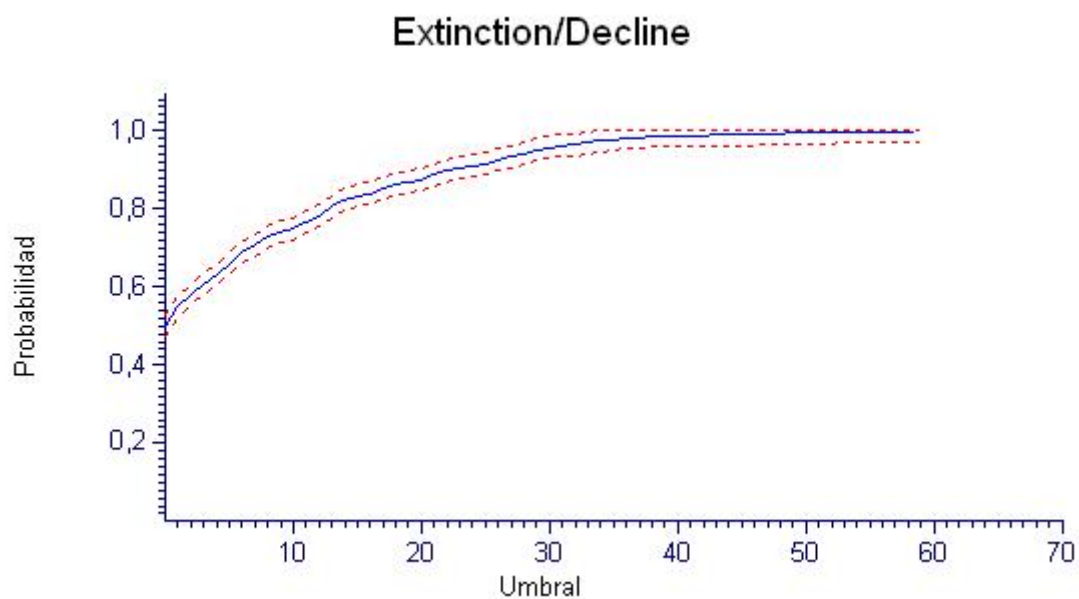
**Escenario 2**    86      174    290

**Escenario 3**    86      128    135

**Escenario 4**    86      194    351

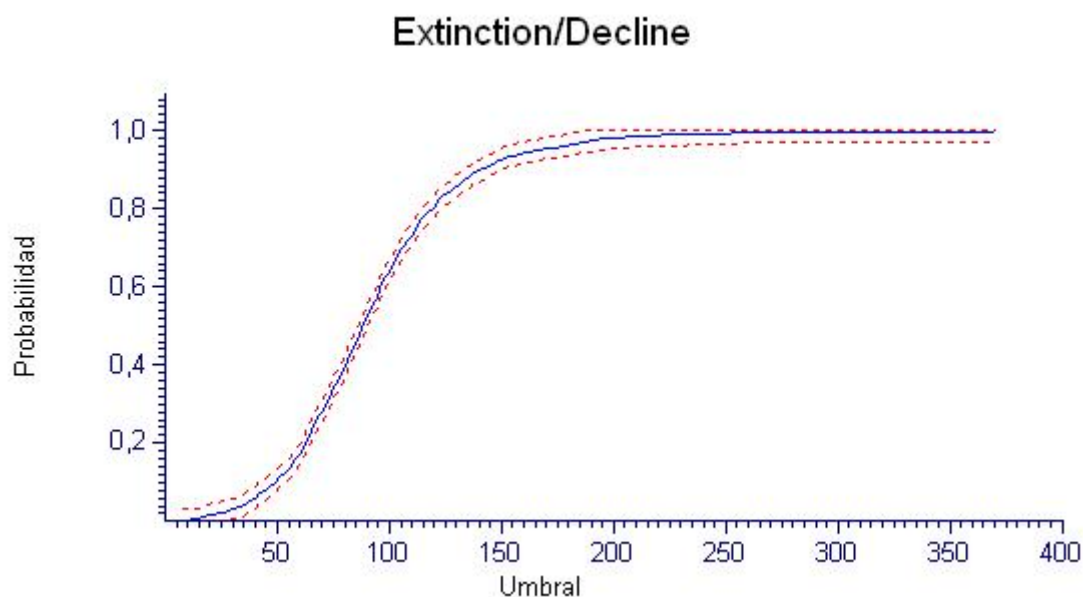
La tendencia poblacional presenta los mejores resultados ejecutando las actuaciones del escenario 4. Se obtiene un incremento de la abundancia media de 310 individuos entre el escenario 0 y el 4.

Las probabilidades de extinción de esta población se ven reflejadas en los siguientes gráficos:



Escenario 0

Figura 13. Probabilidad de extinción.



#### Escenario 4

Figura 14. Probabilidad de extinción.

Tabla 14. Probabilidad de extinción de la población de Punta la Mona a lo largo del tiempo.

<b>%Extinción</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 20</b>	<b>Año 100</b>
<b>Escenario 0</b>	67 %	88,4 %	100 %
<b>Escenario 1</b>	24,1 %	47,6 %	96,3 %
<b>Escenario 2</b>	0,8 %	3,65 %	75,55 %
<b>Escenario 3</b>	23,8 %	43,45 %	94,6 %
<b>Escenario 4</b>	0,45 %	1,75 %	66,3 %

p=0,05

La tabla 14 muestra que el vallado de la zona (escenario 2) es muy positivo para la especie, y que junto con la colocación del panal (escenario 4) disminuye a la mitad los porcentajes de probabilidad de extinción a corto y medio plazo. La tasa finita de crecimiento para la población de Punta la Mona es de 1,129, para el escenario 4. Este valor indica que la población tiende a crecer, lo que garantiza la viabilidad de la misma en el tiempo.

#### **Conclusiones de la modelización**

Para la población de Nerja, se introducirán 100 individuos de la Clase 3 y se eliminará la vegetación competitiva durante los 3 primeros años. La población de Punta la Mona será reforzada con 50 individuos de Clase 3, será vallada para evitar el paso a los herbívoros y se colocará un panal de abejas que ayude a la polinización de *Rosmarinus tomentosus*.



Las tasas finitas de crecimiento, la probabilidad de extinción para los escenarios elegidos y la evolución del número de individuos a lo largo del tiempo, son una garantía para proponer los refuerzos en las poblaciones de Nerja y Punta La Mona. Con los datos obtenidos en la modelización se esperan cumplir los objetivos propuestos y poder mejorar el estado de conservación de la especie.

### **13. Proceso de establecimiento de los ejemplares en campo**

#### **Época de plantación**

La época elegida para llevar a cabo el establecimiento de las plántulas de *Rosmarinus tomentosus* en campo es el final de otoño, pues el invierno suave de la costa proporciona unas condiciones buenas para que *R. tomentosus* pueda adaptarse bien antes de que llegue la primavera, y con ella el mayor crecimiento vegetativo. Así, cuando llegue la época de polinización, las plantas ya estarán establecidas y adaptadas en campo.

#### **Preparación del medio**

Previamente a la plantación, es necesario llevar a cabo unas medidas de preparación del terreno. A continuación se describen éstas para cada uno de los dos refuerzos que se llevarán a cabo.

#### **Población de Nerja (Río Chíllar)**

Como primera medida, se realizará un vallado de la zona de actuación para evitar que las personas accedan a la zona durante los trabajos de restauración, por lo que este vallado se mantendrá durante todo el tiempo que duren los trabajos. El vallado incluirá todos los ejemplares ya existentes en la población así como un espacio de 2 metros de la periferia en el que también se realizarán tratamientos previos a la plantación y donde se colocarán algunos de los nuevos ejemplares.

En esta población una de las grandes amenazas es la competición vegetal, ya sea por invasoras como por hibridación con *Rosmarinus officinalis*. Por ello, se eliminará en la zona de trabajo la vegetación no deseada, esto es, *Arundo donax*, *Nicotiana glauca* y otras especies que puedan resultar competidoras. También eliminaremos los ejemplares de *R. officinalis* que se encuentren dentro del vallado y, en el caso de que sea muy abundante por lo alrededores, se realizará un clareo de los mismos, para reducir el riesgo de hibridación.

#### **Población de Punta La Mona**

En esta población también se vallará la zona de trabajo incluyendo 2 metros periféricos. La diferencia es que en este caso el vallado se mantendrá una vez terminados los trabajos de restauración para evitar que el ganado y las personas accedan a la zona, ya que esta población se encuentra cercana a una pequeña urbanización.

Otra medida complementaria que se realizará es la instalación de un panal de abejas que nos asegure, al menos en los primeros años, una mayor cantidad de polinizadores, que en esta zona escasean.

### Detalles del proceso

Una vez preparado el terreno, se ha de decidir los lugares de implantación de los ejemplares traídos de vivero. Los puntos de implantación se elegirán en función de la buena accesibilidad de la zona (pues en ambos casos trabajamos en acantilados rocosos que complican el establecimiento). Así, se buscarán sitios que naturalmente presenten suelo y, a su vez, se procurará que los nuevos ejemplares aparezcan entremezclados con los ya existentes, en la medida de lo posible. Se tendrá especial cuidado en la protección de los ejemplares ya existentes, para lo cual se buscarán zonas de claros de vegetación. En el caso de la población de Punta La Mona, una vez decididos los lugares concretos de implantación se llevará a cabo la eliminación de otras especies que dificulten el establecimiento de las plántulas debido a la competencia.

Una vez seleccionados los puntos donde se plantarán los ejemplares, las plántulas serán llevadas a campo el mismo día en que se realizará la plantación, para evitar su deterioro.

Para las aperturas del hoyo se aprovecharán oquedades naturales del terreno y se ampliarán las mismas usando un taladro en casos en que sea necesario. Se busca obtener un hoyo de un volumen aproximado de  $0,125 \text{ m}^3$ .



Figura 15. Taladro en roca (Iriondo, 2009)

Las plantas se instalarán en el hoyo, cubriéndolas ligeramente con tierra mejorada con materia orgánica estabilizada (en muy pequeñas cantidades). Una vez plantadas, se llevará a cabo un riego de establecimiento.

### **13. Plan de monitorización y seguimiento**

El plan de monitorización y seguimiento se centrará en aspectos demográficos, genéticos y ecológicos. El programa de seguimiento debe repetirse durante 10 años como mínimo, para asegurar el cumplimiento de los objetivos marcados en este proyecto.

Seguimiento demográfico:

- Control y evolución de los individuos introducidos. Se repondrán las marras en el caso de que superen el 30% durante los 3 primeros años.
- También es importante contabilizar el número de nuevos individuos que aparecen en las cercanías que hayan germinado recientemente.

Seguimiento genético:

- Se realizarán estudios genéticos para determinar la variabilidad genética de las poblaciones en el tiempo. Se usarán técnicas con marcadores moleculares como análisis de microsatélites y de PCR.

Seguimiento ecológico:

- Estudio de la dinámica poblacional. Se medirán la tasa de reclutamiento poblacional. En el caso de las muertes de individuos, es necesario determinar las causas (para saber si es debido a un mal protocolo de plantación o a un estrés posterior) para posteriormente poder corregir los errores.
- Se evaluará la estructura de edades para tener una idea del funcionamiento de la comunidad.
- Se medirá la tasa específica de reproducción durante los 10 años.

Con los datos obtenidos durante los primeros 5 años se pretende confeccionar la matriz de transición media con datos de la propia población y realizar modelos de tendencia de la población y evaluar, si procede, el cambio de los objetivos específicos y la estrategia para cumplir el objetivo principal.

Además, la información acerca de las causas de mortalidad nos permitirá identificar nuevos factores de degradación derivados de la presión humana y evaluar posibles alternativas de protección de las poblaciones.

#### **Mantenimiento**

En la población de Nerja (Río Chillar) se eliminará la vegetación competitiva siempre que sea necesario durante los 10 primeros años.

Mantenimiento y reposición de las infraestructuras de protección (vallado) en ambas poblaciones y del panal de abejas en la población de Punta La Mona. Los agentes de medioambiente del Paraje Natural Maro-Cerro Gordo serán los encargados de vigilar que el vallado se encuentre en condiciones para cumplir su función.

Todos los censos aquí enumerados se efectuarán con una periodicidad anual.

## **15. Consideraciones y propuestas complementarias**

Para terminar, es necesario hacer hincapié en unas cuantas consideraciones referentes a la conservación de *Rosmarinus tomentosus*.

En este trabajo se ha abordado el refuerzo de las dos poblaciones con menor número de individuos para asegurar su viabilidad a medio plazo. Sin embargo, creemos necesario que se realice un seguimiento de las otras 3 poblaciones que, aunque estables, siguen expuestas a los factores de perturbación descritos en este trabajo. Futuros esfuerzos deben ir dirigidos a mitigar el efecto de estas amenazas.

Para ello, se propone:

- Ampliar el área del Paraje Natural de Acantilados de Maro y Cerro Gordo para que incluya la población de Punta La Mona o crear nuevos espacios protegidos para el resto de las poblaciones (microreservas).
- Realizar estudios exhaustivos de viabilidad de las dos poblaciones de las que no se tienen para ver cómo evolucionan tras el refuerzo.
- En cualquier caso, no relajar el nivel de protección actual, pues las poblaciones ahora estables lo son gracias a las medidas tomadas.

## **16. Bibliografía consultada**

BAÑARES Á., BLANCA G., GÜEMES J., MORENO J.C. & ORTIZ S., eds. 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1.069 pp.

BLANCA, G., CABEZUDO, B., HERNÁNDEZ-BERMEJO, J.E., HERRERA, C.M., MUÑOZ, J. Y VALDÉS, B. (1999). *Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía. Tomo I: Especies En Peligro de Extinción*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla

CABEZUDO, B., PÉREZ LATORRE, V. NAVAS, D., CABALLERO, G. Y GAVIRA, O. 2004. *Aportaciones a la Flora de Andalucía III*. Acta Botánica Malacitana 29: 311-315

CABEZUDO, B. *et al.* (1998). *Convenio de cooperación entre la Consejería de Medio Ambiente y la Universidad de Málaga (Departamento de Biología Vegetal) para la recuperación y desarrollo de los planes de actuación de las especies vegetales amenazadas de Andalucía*.

DOMÍNGUEZ LOZANO, F. (Ed). 2000. *Lista Roja 2000 de la Flora Vascular Española*. Comité español UICN. Madrid, 39 pp.

IRIONDO, J.M., ALBERT, M.J., GIMÉNEZ BENAVIDES, L., DOMÍNGUEZ LOZANO, F. & ESCUDERO, A. (Eds.) 2009. *Poblaciones en Peligro: Viabilidad Demográfica de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino), Madrid, 242 pp.

MARTÍN, J.P. & HERNÁNDEZ BERMEJO, J.E. (2000). *Genetic variation in the endemic and endangered *Rosmarinus tomentosus* Huber-Morath & Maire (Labiatae) using RAPD markers*. Heredity 85. 434-443

MORENO, J.C., coord. (2008). *Lista Roja 2008 de la flora vascular española*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas), Madrid, 86 pp.

ROSUÁ, J.L.,(1981). *El complejo *Rosmarinus eriocalix-tomentosus* en la Península Ibérica*. Actas III Congr. OPTIMA. Anales Jard. Bot. de Madrid 37 (2): 587-595.

Páginas web (consultadas entre el 19-4-2009 y el 14-5-2009):

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/>  
<http://www.marm.es/portal/secciones/biodiversidad/>

Otras fuentes:

Material proporcionado por el profesor José María Nieto Caldera. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Málaga.